

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 41 04 114 A 1

(51) Int. Cl. 5:  
G 06 F 11/16

DE 41 04 114 A 1

(21) Aktenzeichen: P 41 04 114.3  
(22) Anmeldetag: 11. 2. 91  
(23) Offenlegungstag: 13. 8. 92

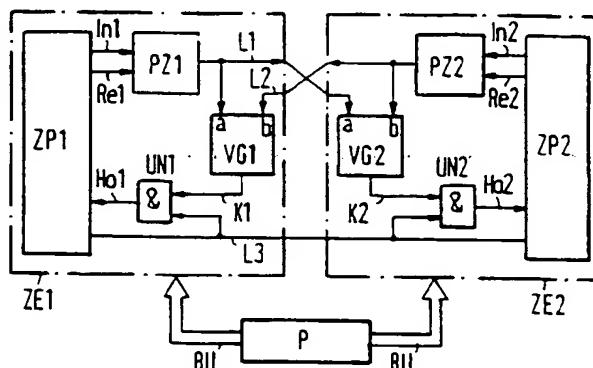
(71) Anmelder:  
Siemens AG, 8000 München, DE

(72) Erfinder:  
Bremer, Klaus, Dipl.-Ing., 7500 Karlsruhe, DE

(54) Redundantes Datenverarbeitungssystem

(57) Die Erfindung betrifft ein redundantes Datenverarbeitungssystem mit mindestens zwei Datenverarbeitungsanlagen, die Zentraleinheiten (ZE1, ZE2) und Mittel zum Erkennen von Unterbrechungereignissen sowie Mittel zu deren Synchronisation nach Auftreten eines Unterbrechungereignisses aufweisen. Um eine möglichst schnelle Synchronisation der am redundanten Betrieb beteiligten Datenverarbeitungsanlagen einzuleiten, bleibt die Zentraleinheit (ZE1, ZE2), die bis zum Auftreten des Unterbrechungssignals eine Programmbehandlung am weitesten durchgeführt hat, so lange in einem Wartezustand, bis die anderen Zentraleinheiten (ZE1, ZE2) den Programmzustand dieser Zentraleinheit (ZE1, ZE2) erreicht haben.

Die Erfindung wird angewandt in Automatisierungsgeräten.



DE 41 04 114 A 1

**Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein redundantes Datenverarbeitungssystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Um die Verfügbarkeit und die Fehlersicherheit von Datenverarbeitungs- oder Steuerungssystemen zu erhöhen, werden diese redundant aufgebaut. Beim Ausfall oder bei einem fehlerhaften Betrieb einer Datenverarbeitungsanlage übernimmt eine andere am redundanten Betrieb beteiligte Datenverarbeitungsanlage die Rechen- und Steuerfunktion und stellt sicher, daß der Betrieb fehlerlos fortgeführt wird. Damit der Betrieb im Anforderungsfall fehlerlos fortgeführt werden kann, muß sichergestellt sein, daß alle Datenverarbeitungsanlagen ein identisches Programm synchron bearbeiten. In der europäischen Patentmeldung 89 107 476.7 ist ein Verfahren zur Synchronisation von Datenverarbeitungsanlagen vorgeschlagen. Die Synchronisation der Datenverarbeitungsanlagen wird erst dann vorgenommen, wenn nach einem Unterbrechungereignis ein aktuell ablaufender Programmabschnitt in jeder Datenverarbeitungsanlage bis zu einem Synchronisationspunkt (z. B. bis zum Ende dieses Programmabschnitts) bearbeitet wurde.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein redundantes Datenverarbeitungssystem der eingangs genannten Art zu schaffen, das nach Auftreten eines Unterbrechungereignisses möglichst schnell die Synchronisation der am redundanten Betrieb beteiligten Datenverarbeitungsanlagen einleitet.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Bei dem neuen redundanten Datenverarbeitungssystem erfolgt eine Synchronisation nicht an vorgegebenen Synchronisationspunkten (z. B. Bausteingrenze), sondern es wird ermittelt, welche Datenverarbeitungsanlage nach einem Unterbrechungereignis in der Programmbearbeitung am weitesten fortgeschritten ist. Diese Stelle im Programm ist der Synchronisationspunkt, und die weiteren im redundanten Betrieb mitwirkenden Datenverarbeitungsanlagen führen die sequentielle Bearbeitung des identischen Programms fort, bis der Synchronisationspunkt erreicht ist. Wenn alle den gleichen Stand erreicht haben, wird auf das Unterbrechungereignis reagiert.

Eine Ausgestaltung der Erfindung ergibt sich aus dem Unteranspruch.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert.

Dabei zeigen

**Fig. 1** ein redundantes Datenverarbeitungssystem und

**Fig. 2** das Zeitverhalten des Systems gemäß **Fig. 1**.

**Fig. 1** zeigt ein zweikanalig redundantes Datenverarbeitungssystem, das über einen Bus BU mit einem Prozeß P verbunden ist. Von zwei Datenverarbeitungsanlagen sind lediglich die Zentraleinheiten ZE1, ZE2 dargestellt, die jeweils einen Zentralprozessor ZP1, ZP2, Programmzähler PZ1, PZ2, Vergleicher VG1, VG2 und UND-Gatter UN1, UN2 aufweisen. Zur Vereinfachung sind lediglich die Teile der Zentraleinheiten ZE1, ZE2 dargestellt, die zur Verdeutlichung der Erfindung von Bedeutung sind. Auch sind weitere Teile der Datenverarbeitungsanlagen, wie z. B. Massenspeicher oder Datenübertragungssteuerungen, nicht abgebildet. Die Zentraleinheiten ZE1, ZE2 sind über Leitungen L1, L2, L3

miteinander verbunden, die Teile eines Kommunikationsbusses sind oder als spezielle Steuerleitungen ausgebildet sein können. Während der Bearbeitung eines identischen Programmes in den Zentraleinheiten ZE1,

ZE2 zählen die Programmzähler PZ1, PZ2, die über Leitungen In1, In2 entsprechende Steuerimpulse erhalten, die bereits ausgeführten Programmschritte und schalten die jeweiligen Zählerstände a, b über die Leitungen L1, L2 den Vergleichern VG1, VG2 zu. Ist der Zählerstand a des Programmzählers PZ1 größer als der Zählerstand b des Programmzählers PZ2, so weist dies darauf hin, daß der Zentralprozessor ZP1 die Programmbearbeitung am weitesten durchgeführt hat. Der Vergleicher VG1 schaltet in diesem Fall sein Ausgangssignal K1 in den aktiven Zustand und beaufschlägt das UND-Gatter UN1 mit diesem Signal. "In einen aktiven Zustand schalten" bedeutet den Wechsel des binären Signalzustandes "0" in den Zustand "1", entsprechend bedeutet "in einen inaktiven Zustand schalten" einen Wechsel vom Zustand "1" in den Zustand "0".

Für den Fall, daß ein von dem Prozeß P bewirktes Unterbrechungereignis einer der Zentraleinheiten ZE1, ZE2 aufgeschaltet wird, ist es erforderlich, daß die Zentraleinheiten ZE1, ZE2 sich zunächst synchronisieren müssen, bevor auf das Unterbrechungereignis reagiert werden kann. Die Zentralprozessoren ZP1, ZP2 weisen an sich bekannte Mittel zum Erkennen eines Unterbrechungssignals auf, und der Zentralprozessor ZP1 oder ZP2 beaufschlägt die Leitung L3 mit einer Synchronisationsanforderung, die bei gleichzeitig anliegendem aktiven Signal K1 bewirkt, daß das UND-Gatter UN1 sein Ausgangssignal Ho1 aktiv schaltet. Daraufhin wird der Zentralprozessor ZP1 in den Wartezustand geschaltet, bis der Zählerstand b des Programmzählers PZ2 den Zählerstand a des Programmzählers PZ1 erreicht hat. In diesem Fall wird das Ausgangssignal K1 des Vergleichers VG1 vom Signalzustand "1" in den Zustand "0" geschaltet, was bewirkt, daß das UND-Gatter UN1 sein Ausgangssignal Ho1 ebenfalls inaktiv schaltet. Die Zentraleinheiten ZE1, ZE2 haben den gleichen Programmzustand erreicht und arbeiten synchron. Es kann nun auf das anliegende Unterbrechungereignis reagiert werden. Rücksetzsignale Re1, Re2 der Zentraleinheiten ZE1, ZE2 setzen die Programmzähler PZ1, PZ2 nach einem Zustandswechsel der Synchronisationsanforderung von aktiv nach inaktiv zurück.

Zur Verdeutlichung der Funktions- und Wirkungsweise des neuen redundanten Datenverarbeitungssystems zeigt **Fig. 2** das Zeitverhalten des Systems gemäß **Fig. 1**. Die in den **Fig. 1** und **2** gleichen Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Zu einem Zeitpunkt t0 werden in den Zentraleinheiten ZE1, ZE2 identische Programme gestartet, und die Programmzähler PZ1, PZ2 zählen ab einem Zählerstand 0 die ausgeführten Programmschritte. Zu einem Zeitpunkt t1 ist der Zählerstand a des Programmzählers PZ1 gleich 3, während der Zählerstand b des Programmzählers PZ2 den Wert 2 aufweist. Daraufhin wird das Ausgangssignal K1 des Vergleichers VG1 aktiv geschaltet. Zu einem Zeitpunkt t2 schaltet einer der Zentralprozessoren ZP1, ZP2 aufgrund eines Unterbrechungereignisses eine Synchronisationsanforderung Sa auf der Leitung L3 aktiv. Da das Signal K1 immer noch im aktiven Zustand ist, wechselt das Ausgangssignal Ho1 des UND-Gatters UN1 in den aktiven Zustand, so daß der Zentralprozessor ZP1 in einen Wartezustand versetzt wird und keine weiteren Programmschritte mehr ausführt. Der Zählerstand b des Programmzählers PZ2 erhöht sich weiter, da der Zen-

tralprozessor ZP2 die Bearbeitung des Programms fortsetzt. Erreicht der Zählerstand b den Wert 11 und ist damit gleich dem Zählerstand a, weisen die Zentraleinheiten ZE1, ZE2 gleiche Programmzustände auf; sie sind damit wieder synchron. Das Ausgangssignal Ho1 des UND-Gatters UN1 wechselt den Signalzustand von "1" auf "0", und die Zentraleinheit ZE1 verläßt ihren Wartezustand. Zum Zeitpunkt t3 kann nun auf das anstehende Unterbrechungereignis reagiert werden.

Nachdem die Programmzähler PZ1, PZ2 auf Null zurückgesetzt sind, zählen diese wiederum die Programmschritte des jeweiligen abzuarbeitenden Programms. Es zeigt sich zu einem Zeitpunkt t4, daß der Zentralprozessor ZP1 wiederum das zu bearbeitende Programm schneller bearbeitet als der Zentralprozessor ZP2, und das Ausgangssignal K1 des Vergleichers VG1 wechselt in den Signalzustand "1". Bei einem erneuten Unterbrechungereignis und einer von einem der Zentralprozessoren ZP1, ZP2 aktiv geschalteten Synchronisationsanforderung zu einem Zeitpunkt t5 wird der Zentralprozessor ZP1 durch das Ausgangssignal Ho1 des UND-Gatters UN1 angehalten. Der Zentralprozessor ZP1 verbleibt in diesem Wartezustand wiederum so lange, bis der Zählerstand b des Programmzählers PZ2 ebenfalls den Zählerstand a gleich 9 des Programmzählers PZ1 erreicht hat. Dies ist zu einem Zeitpunkt t6 der Fall, zu welchem die Programmzähler PZ1, PZ2 durch die Rücksetzsignale Re1, Re2 zurückgesetzt werden und der Zentralprozessor ZP1 seinen Wartezustand verläßt. Die Zentraleinheiten ZE1, ZE2 können nun auf das Unterbrechungereignis reagieren.

Zu einem Zeitpunkt t7 tritt der Fall ein, daß der Zentralprozessor ZP2 das aktuell zu bearbeitende Programm schneller abarbeitet als der Zentralprozessor ZP1. Das Ausgangssignal K2 des Vergleichers VG2 wird aktiv geschaltet, und bei einer Synchronisationsanforderung zu einem Zeitpunkt t8 wird der Zentralprozessor ZP2 angehalten. Zu einem Zeitpunkt t9 sind die Zählerstände a, b der Programmzähler PZ1, PZ2 gleich, und das Ausgangssignal Ho2 des UND-Gatters UN2 wechselt seinen Signalzustand von "1" auf "0". Der Zentralprozessor ZP2 verläßt seinen Wartezustand, die Programmzähler PZ1, PZ2 werden zurückgesetzt, und die Zentraleinheiten reagieren auf das anstehende Unterbrechungereignis.

– einen Vergleicher (VG1, VG2), der die Zählerstände der Programmzähler (PZ1, PZ2) vergleicht und dessen Ausgangssignal bei Auftreten eines Unterbrechungssignals für den Fall, daß der Zählerstand (a, b) eines Programmzählers (PZ1, PZ2) einer Zentraleinheit (ZE1, ZE2) größer ist als die Zählerstände (a, b) der anderen Programmzähler (PZ1, PZ2), die Programmbearbeitung in dieser Zentraleinheit (ZE1, ZE2) so lange sperrt, bis die anderen Programmzähler (PZ1, PZ2) den gleichen Zählerstand (a, b) aufweisen.

#### Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Redundantes Datenverarbeitungssystem mit mindestens zwei Datenverarbeitungsanlagen, die Zentraleinheiten (ZE1, ZE2) und Mittel zum Erkennen von Unterbrechungseignissen sowie Mittel zu deren Synchronisation nach Auftreten eines Unterbrechungseignisses aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Zentraleinheit (ZE1, ZE2), die bis zum Auftreten des Unterbrechungssignals eine Programmbearbeitung am weitesten durchgeführt hat, so lange in einem Wartezustand bleibt, bis die anderen Zentraleinheiten (ZE1, ZE2) den Programmzustand dieser Zentraleinheit (ZE1, ZE2) erreicht haben.

2. Redundantes Datenverarbeitungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jede Zentraleinheit (ZE1, ZE2) aufweist:

- einen Programmzähler (PZ1, PZ2), der nach Beendigung eines Synchronisationsvorgangs die Anzahl der ausgeführten Programmschritte eines zu bearbeitenden Programms zählt,

FIG 1

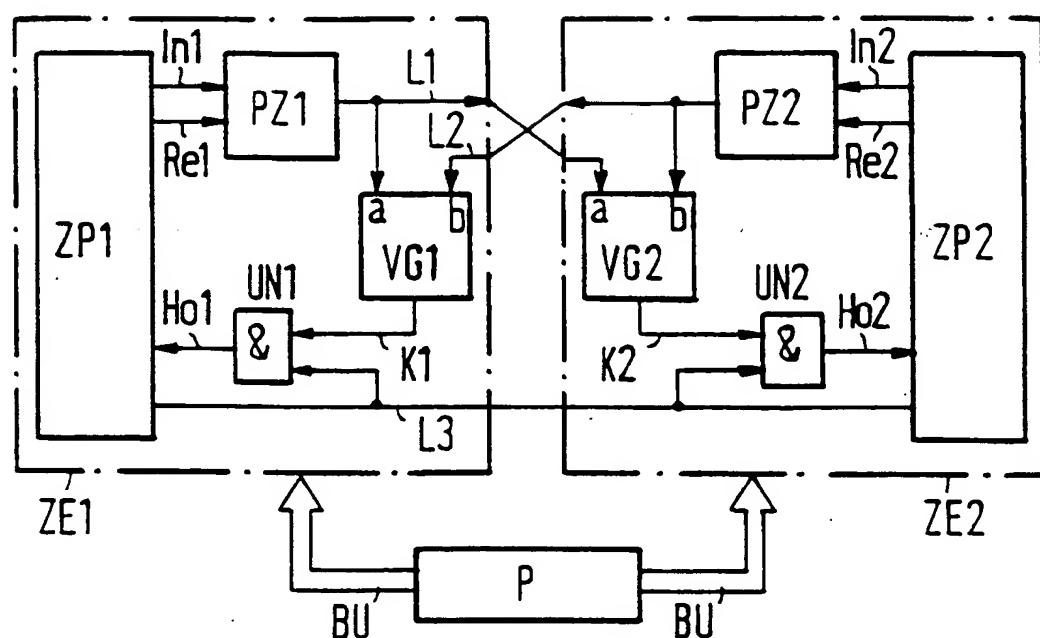


FIG 2

